

doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2014.04.005

引用格式:吴必富.作战飞机网络化综合态势感知[J].电讯技术,2014,54(4):402-407. [WU Bi-fu. Network-centric Integrated Situation Awareness of Combat Aircraft[J]. Telecommunication Engineering, 2014, 54(4):402-407.]

作战飞机网络化综合态势感知*

吴必富**

(中国西南电子技术研究所,成都 610036)

摘要:从态势、态势感知的定义出发,明确了态势感知与信息融合之间的关系。在此基础上,结合基于编队协同作战的飞行员目标模型,提出作战飞机网络化综合态势感知的概念。详细分析了作战飞机网络化综合态势感知涉及的传感器资源管理、传感器协同、基础设施建设等关键技术,并针对关键技术提出了发展作战飞机网络化综合态势感知的思考与建议,对协同作战系统架构设计、方案选择具有重要意义。

关键词:作战飞机;编队协同作战;综合态势感知;信息融合;统一态势

中图分类号:TN97;TP391 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-893X(2014)04-0402-06

Network-centric Integrated Situation Awareness of Combat Aircraft

WU Bi-fu

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

Abstract: According to the definition of situation and situation awareness, the relationship between situation awareness and information fusion is confirmed. In consideration of pilot goal model based group cooperative combat, the concept of network-centric integrated situation awareness of combat aircraft is put forward and related key technology is analyzed, including sensor cooperation, sensor management and infrastructural actuality, etc. Some thoughts and suggestions are given for network-centric integrated situation awareness, which play an important role in cooperative combat system architecture design and scheme choice.

Key words: combat aircraft; formation cooperative combat; integrated situation awareness; information fusion; unified situation

1 引言

《美军2020联合构想》指出:在未来各种作战环境中,美军都必须占据信息优势,必须将信息优势转化为决策优势,并将其视为未来美军能否达到取得全面优势这个目标的前提和核心因素。美军强调取得在所有层次的战争和冲突中均能制胜的“全谱优势”,认为在“全谱优势”中信息优势的重要性超过了技术优势,并提出“凭借信息优势取得决策优势”。

态势感知是联合作战与协同作战的基础,是美军建设联合作战指挥系统(JC2)的重点^[1],美军已经研制并装备了大量的战场态势处理系统。为实现一体化联合作战的态势感知与共享,美军提出了互操作作战图家族(FIOP),包括通用作战图(COP)、通用战术图(CTP)和单一合成图(SIP)。瑞典、加拿大等其他国家积极学习跟踪美国的技术步伐,努力研制适合自身国情的态势感知系统,但均与美军存

* 收稿日期:2014-03-10;修回日期:2014-04-10 Received date:2014-03-10;Revised date:2014-04-10

** 通讯作者:wubifu_2002@163.com Corresponding author:wubifu_2002@163.com

在较大差距;加拿大某公司参与了美国军方及加拿大军方的多个态势感知系统项目建设;瑞典国防研究所也成功研制出态势感知系统,应用于实际作战系统。

随着传感器探测技术、数据链技术和计算机/传感器网络技术的发展,机载电子系统的操作模式越来越多,飞机与飞机之间、飞机与预警机指挥所等其他平台之间的协同工作越来越普遍,为了完成共同的战斗任务,对任务分配、飞机占位、传感器的开关机时机等均提出了近似苛刻的编队协作需求,再加上飞机动力及机动性能的不提高,进一步加大了飞机操纵的难度,处处无不在挑战飞行员的极限,不论从生理还是心理上均对飞行员产生了巨大压力。美军 20 世纪 70 年代就已经提出“减轻飞行员负担、提高飞行员操作有效性”的相关研究,并指出全面、准确和及时的网络化综合态势感知能力对于实现减轻飞行员负担、提高作战效能的重要性。

随着科技的发展与进步,技术融合、交叉学科越来越受到关注和重视,军事射频综合技术、结构综合物理综合技术在军事航空电子领域得到了广泛的应用,但是综合态势感知的应用一直不尽如人意,纸上谈兵的居多。本文旨在提出作战飞机综合态势感知的确切概念,并对其涉及的关键技术进行了详细分析。

2 作战飞机网络化综合态势感知的内涵

首先,对态势、态势感知及信息融合的概念进行分析,由此牵引出作战飞机网络化综合态势感知的定义。

2.1 态势、态势感知与信息融合的关系

《孙子·谋攻篇》中有句古语:知己知彼,百战不殆。这句话对当今网络化作战仍具有重要的指导意义,它指出了态势感知对网络化战争的重要性。态势感知(Situation Awareness)正是研究“如何进行信息的获取、传输、处理和利用,如何完美地把正确的信息在正确的时间传送至正确的地点”的问题。而态势(situation)指与作战意图有关的战场环境、实体的状态、分布及其发展变化趋势^[2]。态势是由态势元素及其关系构成,态势元素包括与作战意图有关的场景、实体、事件、意图等各类要素。

根据美国学者 Mica R. Endsley 的定义,态势感知指在广阔的环境中去感知人们关心的所有有用的

元素,理解其意图,并且能够以最快的速度识别出其身份。在军事领域,态势感知指采用包括探测、侦察传感器在内的各种技术手段和信息处理设施获取战场态势信息的过程。

从定义可以看出,态势感知反映了信息系统信息搜集、处理及分发战场态势的能力。在作战行动周期“OODA”环中,战场感知覆盖观测与确定两个环节,为作战决策和火力打击环节提供目标情报和态势情报支撑。

Endsley 提出的态势感知模型^[3]包括态势觉察、态势理解、态势预测 3 个环节,如图 1 所示。

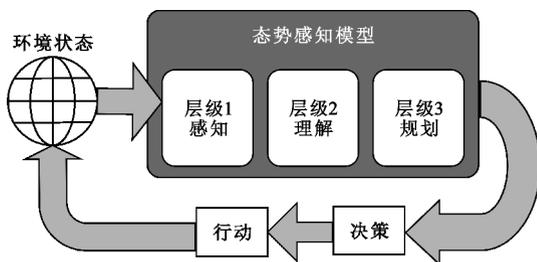


图 1 Endsley 提出的态势感知模型
Fig. 1 Endsley's situation awareness model

态势感知模型涉及三个层次的内涵描述如下:

(1) 态势觉察:感知战场环境中相关元素的状态、属性和动态特性,主要工作就是识别关键要素或事件,并把它们结合起来;

(2) 态势理解:在所感知要素的基础上,根据自身的目标来理解这些元素的重要性,形成一个全局的态势图,包括了对对象和事件的理解;

(3) 态势预测:通过对感知要素的状态、动态特性以及整个态势的理解,预测态势的发展。

另外,Endsley 指出态势感知模型是从人脑认知的角度解释信息融合处理过程,而 JDL 模型从机器处理的角度对其进行解释,并指出态势感知模型与 JDL 信息融合存在如下对应关系,如图 2 所示。

	低层次信息融合		高层次信息融合			
态势感知理论	层级1感知		层级2理解	层级2&3理解&规划		
JDL 模型	层级0信息预处理	层级1状态估计	层级2态势估计	层级3威胁估计	层级4融合优化	层级5认知优化
	当前技术水平			以人为中心的融合		

图 2 态势感知模型与 JDL 信息融合模型的关系
Fig. 2 The relationship between situation awareness model and JDL information fusion

从图 2 可以获得以下结论:

(1) 态势感知模型的第一层与 JDL 模型的第一、二层相对应, 而态势感知模型的第二、三层与 JDL 高层次信息融合(态势估计、威胁估计、传感器资源管理等)存在对应关系;

(2) 低层次的态势觉察功能主要由计算机自动化完成, 不需要太多人机交互信息处理, 而高层次的态势理解及态势预测需要大量的人工智能模型和算法支撑。

2.2 网络化综合态势感知的概念

根据美国学者 Schulte 提出的飞行员目标模型^[4], 如图 3 所示, 每个作战编队均有明确共同作战目标, 并针对每个编队成员定义了不同的角色, 不同编队成员之间相互依赖。身处战场中的每个飞行员需要关注的目标主要由飞行安全、任务目标及生存力三个方面组成。

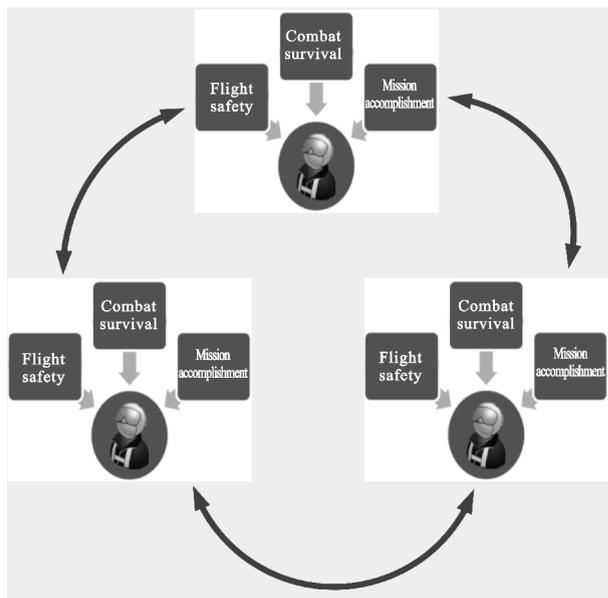


图 3 Schulte 提出的飞行员目标模型
Fig. 3 Schulte's pilot object model

从图 3 还可以看出, 为了完成编队作战目标并平衡飞行员工作负担, 飞机之间需要大量的分工协作, 以协调和平衡编队之间的任务。显然, 网络化的综合态势感知能力将对这种分工协作机制产生重要影响。影响综合态势感知能力的主要态势要素可以分为战场环境要素、个体要素和编队要素三个方面, 三大类态势要素之间相互作用, 如图 4 所示。

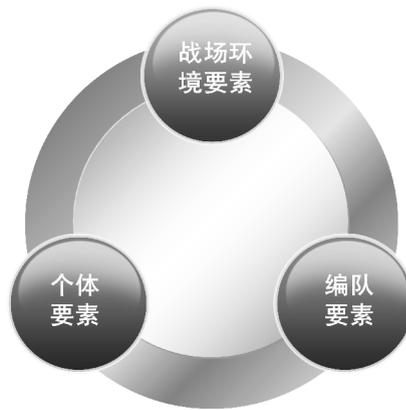


图 4 网络化综合态势感知的主要态势要素
Fig. 4 Main situation element of network-centric integrated situation awareness

战场环境要素主要包括战场地理环境、战场气象环境、战场电磁环境等。

个体要素主要包括飞机位置及姿态(包括飞机占位)、单个平台的目标态势、飞机性能及状态、机载电子系统性能及状态、机载武器性能及状态、飞行员身心状态(包括身体疲劳、精神紧张、飞行员能力等等)等。

编队要素主要包括编队规模、队形及角色、编队统一态势、编队目标(如编队的目标发现能力、编队的被截获水平)、编队之间互联互通互操作性能及状态等。

平台为中心的综合态势感知以烟囱式的指挥层次为主体的树形网络进行信息交互, 信息交互层次多, 共享能力差, 功能渗透性弱, 在信息连续性、态势一致性、跨区域衔接等方面存在不足。而网络化作战环境下的综合态势感知信息共享更加充分, 易形成有机的、一体化的感知网络, 容易达成作战态势统一, 支撑快速作战决策和行动同步。另外, 网络化作战场景下, 综合态势感知的内涵不仅仅包含常规的战场环境要素、目标态势及其编队态势的统一, 为了实现编队共同的战斗目标, 还需要关注大量的个人要素和编队要素, 以更好地协调、配合完成共同的作战任务, 发挥最佳的编队作战效能。作战飞机综合态势感知的典型方式包括综合导航、综合探测、综合识别和综合防御等。

简而言之, 作战飞机网络化综合态势感知可以定义为: 在飞机机载传感器物理感知、数据链网络互联互通互操作的基础之上, 为达到共同的作战目标, 采用信息处理技术, 把本机和机外的所有态势要素有机结合起来, 处理、生成及共享战场态势的过程。

典型情况下,作战飞机网络化综合态势感知可以获得的作用或好处至少包括以下几点:

- (1) 容易形成更加连续、准确、无缝、统一的态势;
- (2) 能够更好地规划、调度网络化的感知资源;
- (3) 能够更好地对抗干扰、截获隐身目标;
- (4) 更好地满足各种战术需求,如编队协同作战;
- (5) 能够获得综合的任务性能、被截获性能最优。

3 作战飞机网络化综合态势感知涉及的关键技术

3.1 引入综合态势感知的基础:信息融合与资源管理

网络化必将带来海量的情报信息,可能包括无用的和有用的、及时的和过期的、真实的和虚假的等等,如何过滤、融合和筛选这些信息,形成统一态势图,使飞行员及时获得有用信息的同时提供传感器的感知效率和降低网络的运行负荷,这就要求综合态势感知需要有信息融合与资源管理等基础性能力。

从态势感知的概念内涵以及综合态势感知的主要方式也可以看出,实现综合态势感知的基础及关键之一就是信息融合和资源管理。

如图 5 所示,在综合态势感知过程中,采用信息融合技术对各种感知手段获得的多源异构信息进行综合处理,获得综合态势的统一感知,统一态势感知结果支撑作战决策活动和作战执行活动,同时,根据作战执行效果及作战需求对感知资源进行控制和管理,如此周而复始,典型的感知资源管理任务包括飞机的航路、占位及姿态规划、传感器资源管理及通信网络与链路资源规划等。

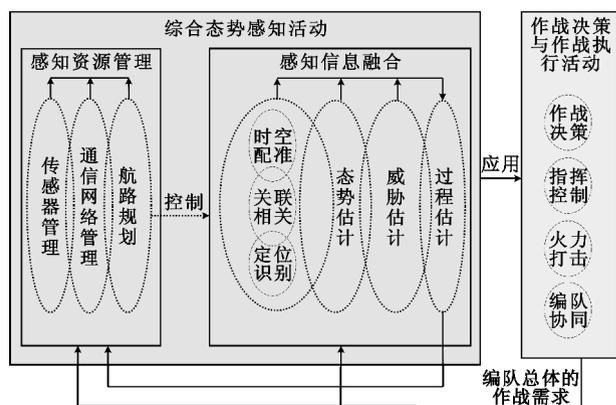


图 5 实现综合态势感知的基础

Fig. 5 Basis of integrated situation awareness

从国内的感知信息融合和感知资源管理技术发展途径来看,自从“九五”以来,国内支持和开展的

理论研究课题非常多,但是能够支撑应用或上工程的信息融合系统非常少。纵观这些研究课题可以发现,信息融合的相关课题大都作为大课题大系统里面的一个小专题出现,重视程度非常有限,大课题即便是演示验证项目或型号项目,信息融合专项技术几乎不作为考核要求,也未提出考核指标,甚至在试飞科目中也难以见到。

3.2 传感器协同及飞机编队协同技术

从第 2 节可以看出,传感器协同、飞机编队协同是实现综合态势感知的重要手段和方式。随着机间数据链的研发成功,我国已经具备一定的传感器协同及飞机编队协同能力,但是协同问题是个系统工程问题,涉及的方方面面非常多,还有很多理论问题、技术体制问题、作战应用问题急需解决。

国外已经开展了大量传感器协同及飞机编队协同的研究项目,最具有代表性的有美军“协同作战能力系统(CEC)”、洛马公司“空中交战管理”项目、美国国防部高级研究计划局(DARPA)主导的“自治编队混合主动控制”项目以及针对无人作战飞机的“联合无人作战飞机系统”项目,这些项目的研究目标大都是为了提高飞机的自主控制和协同控制能力,通过较少的操作员实现对大规模编队、复杂多模传感器的调度控制。随着美军 F-22、F-35 的研制及装备,传感器协同在作战飞机航空电子领域的局部应用已经出现。美军 F-22 传感器协同能够保证连续跟踪目标的同时减少雷达辐射,美军 F-35 实现了对多传感器协同的工作模式、兼容工作、辐射控制等方面的管理。

尽管国外取得了一些应用成果,但传感器协同的理论指导性研究还在不断深入和实践过程中,其中,协同理论(Synergetics)和多智能体(Agent)理论是实现飞机传感器协同的重要理论工具和技术手段^[5]。

3.3 基础设施建设

综合态势感知的实现离不开传感器的物理探测与感知以及数据链网络,传感器设备的探测水平、数据链网络的带宽、时间延迟及互联互通互操作机制、平台内及平台间的时间同步机制将严重影响综合态势感知的水平。

目前,我国的通信链路大都处于“铺路”阶段,对链路的使用涉及甚少,信息传输的内容及质量也有待提升。传感器系统或设备如雷达的验证重点在作用距离、作用范围等方面,对传感器探测精度、信

息输出质量方面也还急需大量验证和实践。

4 发展作战飞机网络化综合态势感知的思考与建议

4.1 从顶层设计的高度优化 OODA 环的感知过程

目前,现代作战飞机任务系统顶层架构广泛采用 OODA 环进行描述,考虑的出发点大都基于平台为中心的。

如图 6 所示,OODA 环从探测到打击闭环的同时各个环节内部自闭环,OODA 环单平台对抗的主要技术措施就是缩短我方 OODA 环的闭环时间,抑制敌方 OODA 环的推进速度,使我机在“三先”上占据优势。通过分析发现,不管是单机作战还是编队作战,OODA 环的主要时间延迟包括信息获取时间延迟、信息处理时间延迟和信息传输时间延迟三大类,如图 7 所示。

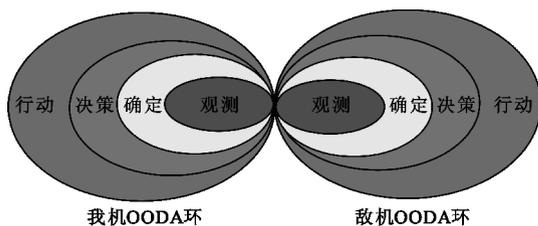


图 6 OODA 环对抗
Fig. 6 Game on OODA

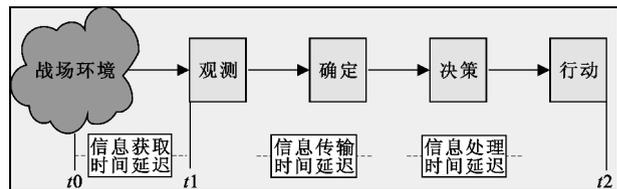


图 7 OODA 环的主要时间延迟
Fig. 7 Main time delay of OODA

构件网络化的综合态势感知,需要加强从顶层设计的高度出发,重点开展编队 OODA 模型^[6]的理论研究,从单平台 OODA 向编队 OODA 转变,并注重 OODA 各环节的整体性、协调性。另外,需要分析态势感知环节内部以及态势感知环节与其他环节之间的运行效率,重视态势感知过程各业务技术的协同匹配发展,科学优化综合态势感知流程。

4.2 从网络化的角度推动编队态势感知与共享

目前的系统大都采用有中心、长机指挥僚机的方式实现态势统一,即使实现了局部的无中心,也对

飞机的占位、姿态要求严苛,严重限制了态势感知任务的达成。针对单平台作战向编队协同作战的转变,必须从网络化的角度出发,打破传统的指挥控制观念,采用完全分布式、信息充分共享的方式最大限度地实现编队态势的共享与统一。

编队协同作战的综合态势感知过程中,飞机之间需要自主协调以达成编队统一态势并对态势进行共享,并通过系统自主协调并权衡编队内各平台的资源与任务(如态势感知范围、目标分配等),达到编队总体的探测性能及被截获性能最优,以最大化地发挥编队飞机的作战效能。

4.3 采用智能化技术提升综合感知过程的有效性

国外的研究表明,OODA 环节中的前两个环节是智能化的最集中体现,也是近期最容易实现智能化的技术环节。综合态势感知过程中,主要涉及的人工智能类型包括机器感知、机器学习、计算智能等,如采用智能蒙皮技术、未知环境的自学习技术实现传感器智能感知,能够改善目标发现性能和获取目标优势。通过智能目标态势融合、自适应资源调度实现传感器智能信息处理,能够获取信息优势,并提升整个感知过程闭环的有效性。

4.4 以关键技术的突破促进系统实现

为实现综合态势感知,需要突破诸多关键技术。应重点开展面向编队协同作战的综合态势感知总体设计技术、多智能体在编队协同作战的应用技术、机动平台高精度时空统一技术、编队态势统一与共享技术、复杂电磁环境下的目标融合处理技术、多平台多传感器协同感知技术、智能决策技术等研究。只有在编队态势感知理论、多智能体等理论上有所创新,关键技术上有所突破,才能逐步促进综合态势感知的系统实现。

5 结 语

本文针对目前态势感知的发展趋势以及作战飞机领域的应用需求,系统性地论述了网络化综合态势感知的概念、所涉及的关键技术等;根据所涉及的关键技术问题,提出网络化综合态势感知的发展思考与建议,对协同作战系统架构设计、方案选择具有重要意义。

总的说来,不管是从国内倡导的“机械化到信息化战争的转变”还是从国外的技术发展趋势、近

期的局部战争都可以看出,不久的将来,协同的作战力量将更加多元,协同的层次将不断增多,协同的空间趋向多维,协同对抗将更加激烈,这些无不急切期盼着作战飞机网络化综合态势感知的应用。国内装备投入及研发方面,支撑网络化综合态势感知的信息化基础实施建设已初见成效,笔者相信作战飞机综合态势感知的蓬勃发展将指日可待。

止于篇幅更限于能力,希望本文能为困惑于如何发展网络化综合态势感知技术的同行们提供某种借鉴和一些思考。

参考文献:

- [1] Vessels P A. Service-Based Architectures for the Network - Centric Battlefield [C]//Proceedings of 2002 SPIE. Orlando, FL; SPIE, 2002:1127-1135.
- [2] 赵宗贵. 信息融合概念、方法与应用[M]. 北京:国防工业出版社, 2012.
ZHAO Zong-gui. Concept, technique and application of information [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2012. (in Chinese)
- [3] Endsley M R. A survey of situation awareness requirements in air - to - air combat fighters [J]. International Journal of Aviation Psychology, 1993, 3(2), 157-168.

- [4] Svenmarck P, Dekker S. Decision support in fighter aircraft: from expert systems to cognitive modelling [J]. Behaviour and Information Technology, 2003, 22(3):175-184.
- [5] 刘金琨, 尔联洁. 多智能体技术应用综述[J]. 控制与决策, 2001, 16(2):133-141.
LIU Jin-kun, ER Lian-jie. Application survey of multi-agent technology [J]. Control and Decision, 2001, 16(2):133-141. (in Chinese)
- [6] Fusano A, Sato H, Namatame A. Multi-agent based combat simulation from OODA and network perspective [C]//Proceedings of the 13th International Conference on Modelling and Simulation. Cambridge: IEEE, 2011: 249-254.

作者简介:



吴必富(1969—),男,贵州松桃人,1991年于四川大学数学系获学士学位,现为高级工程师,主要研究方向为信息融合、传感器管理。

WU Bi-fu was born in Songtao, Guizhou Province, in 1969. He received the B. S. degree from Sichuan University in 1991. He is now a senior engineer. His research concerns information fusion and sensor management.

Email:wubifu_2002@163.com